

1/5/1

DIALOG(R) File 347:JAPIO

(c) 2005 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04122613 \*\*Image available\*\*

SUPERCONDUCTING CURRENT LIMITING WIRE AND ITS MANUFACTURE

PUB. NO.: 05-114313 [ JP 5114313 A]

PUBLISHED: May 07, 1993 (19930507)

INVENTOR(s): YAMAMOTO KEISUKE  
HIRAOKA MAKOTO

APPLICANT(s): MITSUBISHI CABLE IND LTD [000326] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 03-304045 [JP 91304045]

FILED: October 23, 1991 (19911023)

INTL CLASS: [5] H01B-012/04; H01B-013/00; H01H-033/00

JAPIO CLASS: 41.5 (MATERIALS -- Electric Wires & Cables); 42.1  
(ELECTRONICS -- Electronic Components); 43.3 (ELECTRIC POWER  
-- Transmission & Distribution)

JAPIO KEYWORD: R006 (SUPERCONDUCTIVITY)

JOURNAL: Section: E, Section No. 1423, Vol. 17, No. 473, Pg. 74,  
August 27, 1993 (19930827)

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain a superconducting current limiting wire using an oxide superconductor which can obtain a long size linear substance easily and has an excellent critical current density, and having an excellent circuit limiting property, and to provide its manufacturing method.

CONSTITUTION: A body having in order a super conducting current limiting wire which has an inorganic insulating layer 2 and a metallic coverage layer 3 in order on the outer surface of an oxide superconducting layer 1; a tubular body made by forming an oxide superconducting material at the outer side of a rod made by forming an oxide superconductor powder; and a metallic tube; is made into a fine wire and rolled. And after that, it is heat-treated to sinter the powder of the oxide superconductor and, the inorganic insulating material.

BEST AVAILABLE COPY

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-114313

(43)Date of publication of application : 07.05.1993

(51)Int.Cl.

H01B 12/04

H01B 13/00

H01H 33/00

(21)Application number : 03-304045

(71)Applicant : MITSUBISHI CABLE IND LTD

(22)Date of filing : 23.10.1991

(72)Inventor : YAMAMOTO KEISUKE  
HIRAOKA MAKOTO

## (54) SUPERCONDUCTING CURRENT LIMITING WIRE AND ITS MANUFACTURE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a superconducting current limiting wire using an oxide superconductor which can obtain a long size linear substance easily and has an excellent critical current density, and having an excellent circuit limiting property, and to provide its manufacturing method.

**CONSTITUTION:** A body having in order a super conducting current limiting wire which has an inorganic insulating layer 2 and a metallic coverage layer 3 in order on the outer surface of an oxide superconducting layer 1; a tubular body made by forming an oxide superconducting material at the outer side of a rod made by forming an oxide superconductor powder; and a metallic tube; is made into a fine wire and rolled. And after that, it is heat-treated to sinter the powder of the oxide superconductor and, the inorganic insulating material.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-114313

(43)公開日 平成5年(1993)5月7日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 B 12/04	Z A A	8938-5G		
13/00	5 6 5 D	8936-5G		
H 0 1 H 33/00	C	7319-5G		

審査請求 未請求 請求項の数2(全 5 頁)

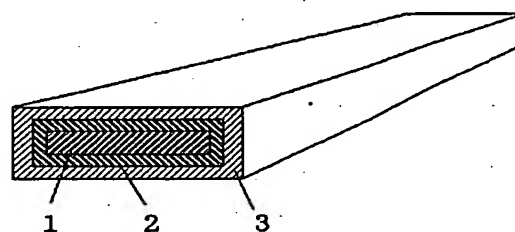
(21)出願番号	特願平3-304045	(71)出願人	000003263 三菱電線工業株式会社 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地
(22)出願日	平成3年(1991)10月23日	(72)発明者	山本 啓介 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電線工業株式会社内
		(72)発明者	平岡 誠 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地 三菱電線工業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 藤本 勉

(54)【発明の名称】 超電導限流線及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 長尺線状体を得ることが容易で臨界電流密度にも優れる、酸化物超電導体を用いた限流性能に優れる超電導限流線、及びその製造方法を得ること。

【構成】 酸化物超電導層(1)の外周に無機絶縁層(2)と金属被覆層(3)を順次有する超電導限流線、及び酸化物超電導体の粉末を成形してなるロッドの外側に、無機絶縁材料の粉末を成形してなる筒体と、金属チューブとを順次有するものを細線化して圧延した後、それを加熱処理して酸化物超電導体と無機絶縁材料の粉末を焼結させる前記超電導限流線の製造方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化物超電導層の外周に無機絶縁層を有し、その無機絶縁層の外周に金属被覆層を有することを特徴とする超電導限流線。

【請求項2】 酸化物超電導体の粉末を成形してなるロッドの外側に、無機絶縁材料の粉末を成形してなる筒体と、金属チューブとを順次有するものを細線化して圧延した後、それを加熱処理して酸化物超電導体と無機絶縁材料の粉末を焼結させることを特徴とする請求項1に記載の超電導限流線の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、酸化物超電導体を用いてなり、限流精度に優れる金属被覆型の超電導限流線、及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】酸化物超電導体に臨界電流密度以上の電流が流れると抵抗が急激に増大する性質を利用して限流素子の開発が試みられており、600Vを超える大容量の送電系や配電系における遮断器への適用が特に期待されている。従来、酸化物超電導体を利用した限流素子としては、酸化物超電導体の粉末を板等に成形し、それを焼結処理して得たバルク体を線状に加工してなるものが知られていた。しかしながら、長尺線状体として得ることが困難で、臨界電流密度も $10^3 \text{ A/cm}^2$ 程度と劣るなどの問題点があり、実用性に乏しい難点があった。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】前記に鑑みて本発明者等は、長尺体を得ることが容易で、臨界電流密度にも優れる、金属被覆型の酸化物超電導テープの使用を試みた。しかしこの場合、臨界電流密度以上の電流が流れても抵抗が急激に増大せず限流素子として利用できないことが判明した。本発明は、長尺線状体を得ることが容易で臨界電流密度にも優れる、酸化物超電導体を用いた超電導限流線、及びその製造方法の開発を課題とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、酸化物超電導層の外周に無機絶縁層を有し、その無機絶縁層の外周に金属被覆層を有することを特徴とする超電導限流線、及び酸化物超電導体の粉末を成形してなるロッドの外側に、無機絶縁材料の粉末を成形してなる筒体と、金属チューブとを順次有するものを細線化して圧延した後、それを加熱処理して酸化物超電導体と無機絶縁材料の粉末を焼結させることを特徴とする前記の超電導限流線の製造方法を提供するものである。

## 【0005】

【作用】金属チューブ等を用いた金属被覆型の酸化物超電導体とすることにより、長尺線状体を容易に得ることができ、臨界電流密度にも優れる超電導限流線とすることができる。そして、酸化物超電導層と金属被覆層の間

に無機絶縁層を介在させることにより、酸化物超電導体の超電導特性を実質的に低下させることなく、限流素子に必要な、酸化物超電導層に臨界電流密度以上の電流が流れると抵抗が急激に増大する性質を付与することができる。この結果より、上記した絶縁層を有しない従来の金属被覆型の酸化物超電導テープでは臨界電流密度以上の電流が流れると金属被覆層に電流が分流し、抵抗の超電導体的増大が抑制されるものと考えられる。

## 【0006】

10 【実施例】図1に、本発明の超電導限流線を例示した。1が酸化物超電導層、2が無機絶縁層、3が金属被覆層である。かかる構造の超電導限流線の製造は、例えば次の方法により行うことができる。

【0007】すなわち、先ず図2に例示の如く、酸化物超電導体の粉末を成形してなるロッド4の外側に、無機絶縁材料の粉末を成形してなる筒体5と、金属チューブ6とを順次有するものを形成し、次いでそれを細線化して圧延した後、加熱処理して酸化物超電導体と無機絶縁材料の粉末を焼結させる方法である。

20 【0008】前記の酸化物超電導体の粉末からなるロッド4や、無機絶縁材料の粉末からなる筒体5は、例えばゴム等からなる成型型の内部に所定の粉末を充填し、それを水中等に浸漬して加圧処理する冷間等方加圧成形方式などにより形成することができる。

【0009】図3にロッド成形用のゴム型41、42、43を、図4に筒体成形用のゴム型51、52、53と芯棒54からなる成型型をそれぞれ例示した。ロッドは成型型の内部に酸化物超電導体の粉末44を充填して、筒体は成型型の内部に無機絶縁材料の粉末55を充填して成形することにより得られる。なお、無機絶縁材料の粉末からなる筒体と酸化物超電導体の粉末からなるロッドとは、ロッドを筒体内部に殆ど隙間なく収容できる寸法関係で形成することが好ましい。成形に供する粉末の粒径は、 $100 \mu\text{m}$ 以下、就中 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ が適当である。

【0010】ロッドの成形に用いる酸化物超電導体の粉末の種類については特に限定はない。その例としては、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ や $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ の如きBi系酸化物超電導体、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ や $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_y$ の如きY系酸化物超電導体、 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{BiO}_3$ の如きBa系酸化物超電導体、 $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_y$ の如きNd系酸化物超電導体、その他La系酸化物超電導体、Tl系酸化物超電導体、Pb系酸化物超電導体などからなるものがあげられる。

【0011】また、前記のBi等の成分を他の希土類元素で置換したもの、Sr等の成分を他のアルカリ土類金属で置換したもの、あるいはO成分をFなどで置換したものなどもあげられる。さらに、ピンニングセンターを含有させたものなどもあげられる。ピンニングセンター含有の酸化物超電導体は、そのピンニングセンターによ

る磁束のピン止め効果により、高い磁場下においても大きな臨界電流密度を示す利点を有する。ピンニングセンター含有の酸化物超電導体は、例えばMPMG法 (Melt Powdering Melt Growth) などにより得ることができる。

【0012】筒体の成形に用いる無機絶縁材料の粉末の種類についても特に限定はない。酸化物超電導層とのクラック等のない接合性や、超電導特性の劣化予防などの点より好ましく用いられるものは、酸化物超電導層を形成する元素で構成される超電導を示さない組成の酸化物などである。すなわちTl系酸化物超電導体の場合を例とすると、それを形成するTl、Ba、Ca、Cu、あるいはPbやSrの全部又は一部で構成される超電導を示さない組成の酸化物などである。他の酸化物超電導体を例に、より具体的に示すとBi系酸化物超電導体に対するCa<sub>2</sub>PbO<sub>4</sub>の如きCa-Pb-O系酸化物やSr-Ca-Pb-O系酸化物、Y系酸化物超電導体に対するY<sub>2</sub>BaCuO<sub>7</sub>の如きY-Ba-Cu-O系酸化物やCu-O系酸化物などである。

【0013】金属チューブ6の細線化は、その内部に無機絶縁材料の粉末からなる筒体5を介して酸化物超電導体の粉末からなるロッド4を収容した状態で行われる。その場合、内部を真空引きして金属チューブ6の両端を封止することが超電導特性の安定化等の点より好ましい。細線化処理は、ダイスを介する方式などの適宜な方式で行ってよい。また細線化したものの圧延処理も、ピンチロールやプレス機械等による適宜な方式で行ってよい。

【0014】細線化条件や圧延条件は、目的とする超電導限流線の使用目的等により適宜に決定してよい。一般には、金属被覆層の厚さ5~500μm、無機絶縁層の厚さ1~500μm、酸化物超電導層の厚さ10μm~3mmとされる。なお金属チューブとしては例えば銀、金、白金、かかる金属を含有する合金、就中、銀・白金合金、銀・パラジウム合金の如き高融点合金などからなるものが好ましく用いられる。

【0015】圧延処理して得られたテープ体等は次に、酸化物超電導体と無機絶縁材料の粉末を焼結するための加熱処理に供される。その際、加熱処理に先立ってプレス処理を施してもよい。プレス処理は、品質の安定化、ないし超電導特性の向上に有効である。プレス処理は複数回繰り返してもよく、その場合には前後のプレス処理間に加熱工程が設けられる。

【0016】また前記のプレス処理は、前記テープ体等をコイル形態等の限流素子形態としたものに対して施してもよい。さらにテープ体等を限流素子形態として加熱処理後その形態を解いてプレス処理し、再び限流素子形態として加熱処理する操作を必要回数繰り返してもよい。

【0017】焼結のための加熱処理は、従来の酸化物超電導体の粉末の焼結処理に準じてよい。従って通例、7

00~1200℃の加熱温度で焼結処理される。なお焼結のための加熱処理は、コイル等の二次形態からなる限流素子形態などとしたものに対して施してもよい。

#### 【0018】実施例1

冷間等方加圧方式で成形した、粒径0.1~10μmのBi<sub>9</sub>Pb<sub>2</sub>Sr<sub>10</sub>Ca<sub>12</sub>Cu<sub>15</sub>O<sub>7</sub>粉末 (公称組成) からなる直径4mm、長さ100mmのロッドを、粒径0.1~10μmのCa<sub>2</sub>PbO<sub>4</sub>粉末からなる外径6mm、内径4.2mm、長さ100mmの筒体の内部に収容した後、それを外径8.5mm、内径6.2mm、長さ500mmの銀チューブ内に収容し、両端をPb-Sn半田で真空封止した後、ダイスを介し伸線加工して外径1.4mmに細線化し、それをピンチロールで圧延して幅2.6mm、厚さ0.2mm、長さ約40mのテープを得、それより約8mの長尺体を切り出してセラミック製リール (外径45mm、長さ190mm) にソレノイド状に巻回し (53回ターン)、大気中835℃で160時間加熱処理した。次いで、テープをリールから巻戻しつつ油圧プレスで1軸加圧 (15t) して幅3.4mm、厚さ0.16mmのテープとし、それを再びリールにソレノイド状に巻回して、大気中835℃で40時間加熱処理し、超電導限流線を得た。

#### 【0019】比較例

冷間等方加圧方式で成形した、粒径0.1~10μmのBi<sub>9</sub>Pb<sub>2</sub>Sr<sub>10</sub>Ca<sub>12</sub>Cu<sub>15</sub>O<sub>7</sub>粉末からなる直径4.8mm、長さ100mmのロッドを、外径8mm、内径5mm、長さ500mmの銀チューブ内に収容し、両端をPb-Sn半田で真空封止し、それを用いて前記実施例1に準じ伸線加工、圧延加工、リールへの巻回加熱処理、巻戻しプレス処理、再度の巻回加熱処理を施して比較サンプルを得た。

#### 【0020】評価試験

実施例1、比較例で得た超電導限流線又は比較サンプルについて下記の特性を調べた。

##### 臨界温度

0.1A/mm<sup>2</sup>の電流密度下、液体窒素で冷却しながら4端子法で電気抵抗の温度変化を測定し、電圧端子間の発生電圧が0となるときの温度を調べた。

##### 【0021】臨界電流密度

パワーリードと共に液体窒素で冷却しながら徐々に電流値を上げて、4端子法により電圧端子間の電圧の印加電流による変化を測定し、X-Yレコーダにおいて0.1μV/cmの電圧が出現したときの電流値を超電導体 (テープ中の酸化物超電導層) の断面積で除すことにより算出した。

##### 【0022】V-I特性

臨界温度以下で直流による電圧-電流特性を調べた。

##### 【0023】限流効果

図5に示した交流回路を形成し、種々の電源電圧: E、負荷抵抗: R<sub>L</sub>、及び短絡電流の最大値を制限するための模擬電源抵抗: R<sub>0</sub>において限流効果を調べた。なお

図中、CLEは液体窒素中に配置した超電導限流線又は比較サンプルである。

【0024】前記の臨界温度と臨界電流密度の結果を表\*

\*1に示した。またV-I特性の結果を図6に示した。さらに限流効果の結果を表2に示した。

【表1】

	実施例1	比較例
臨界温度 (K)	107	同左
臨界電流密度 (A/cm <sup>2</sup> :77.3K)	12000	同左

【0025】

【表2】

		定格時の電流 (A)		短絡時の電流 (A)	
		CLE無	CLE有	CLE無	CLE有
E: 3V	実施例1	16	16	75	20
R <sub>L</sub> : 0.15Ω					
R <sub>0</sub> : 0.04Ω	比較例	〃	〃	75	66
E: 141V	実施例1	〃	〃	74	26
R <sub>L</sub> : 6.9Ω					
R <sub>0</sub> : 1.9Ω	比較例	〃	〃	74	73
E: 283V	実施例1	〃	〃	76	28
R <sub>L</sub> : 13.8Ω					
R <sub>0</sub> : 3.7Ω	比較例	〃	〃	76	75

【0026】

【発明の効果】本発明によれば、無機絶縁層を介させた金属被覆型の酸化物超電導体を用いたので、臨界電流密度に優れる長尺線状体を容易に得ることができ、優れた限流性能を安定して示す超電導限流線を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の部分断面斜視図。

【図2】細線処理対象を例示した部分断面斜視図。

【図3】ロッドの成型型を例示した斜視図。

【図4】筒体の成型型を例示した斜視図。

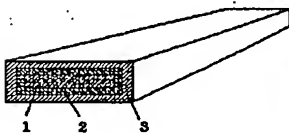
【図5】実験回路の説明図。

【図6】V-I特性を示したグラフ。

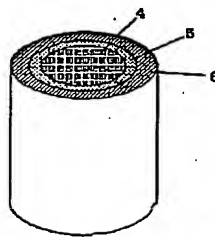
【符号の説明】

- 1: 酸化物超電導層
- 2: 無機絶縁層
- 3: 金属被覆層
- 4: 酸化物超電導体の粉末からなるロッド
- 5: 無機絶縁材料の粉末からなる筒体
- 6: 金属チューブ

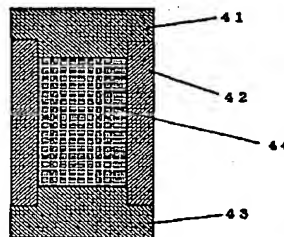
【図1】



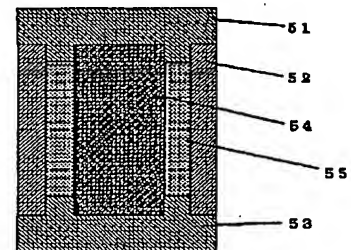
【図2】



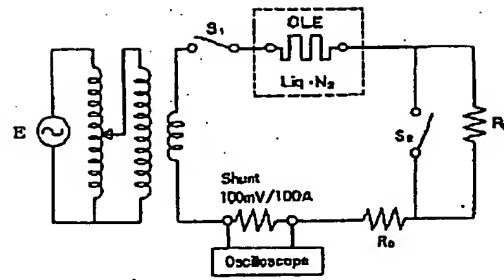
【図3】



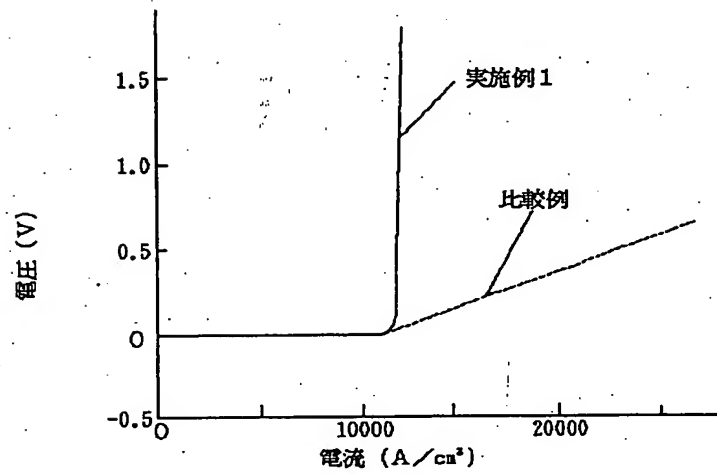
【図4】



【図5】



【図6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**